

① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 196 13 734 C 1

⑤ Int. Cl.<sup>8</sup>:  
G 01 D 21/06  
G 04 G 7/02  
G 04 G 15/00

⑲ Aktenzeichen: 196 13 734.9-52  
⑳ Anmeldetag: 26. 3. 96  
㉑ Offenlegungstag: —  
㉒ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 28. 8. 97

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦ Patentinhaber:

IMC Meßsysteme GmbH, 13355 Berlin, DE

⑦ Erfinder:

Hillenbrand, Franz, Dr.-Ing., 14089 Berlin, DE

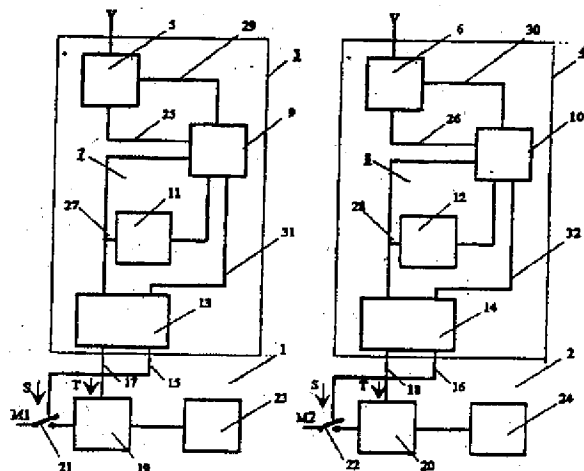
⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

Z: Zeitschr. für Geophysik, 1970, S. 501-518;

④ Einrichtung zum zeitsynchronen Erfassen von elektrischen Signalen

⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum zeitsynchronen Erfassen von elektrischen Signalen an voneinander entfernt liegenden Meßstellen.

Um ein solches Verfahren exakt und mit relativ geringem Aufwand durchführen zu können, werden an jeder Meßstelle (1; 2) einer Frequenzregelschleife (7; 8) mit einer Prozessor-Anordnung (9; 10) und einem steuerbaren Schwingungserzeuger (11; 12) Uhrensignale zugeführt. Von jeder Prozessor-Anordnung (9; 10) wird zu einem für alle Meßstellen (1; 2) einheitlich vorgegebenen Zeitpunkt ein Aktivierungssignal für einen Ausgangsschaltkreis (13; 14) erzeugt, woraufhin an einem Ausgang (15; 16) des Ausgangsschaltkreises (13; 14) ein Startsignal (S) zum zeitsynchronen Erfassen des jeweiligen elektrischen Signals (M1; M2) und an einem weiteren Ausgang (17; 18) Abtast-Taktimpulse (T) für das jeweilige Signal (M1; M2) bereitgestellt werden.



DE 196 13 734 C 1

DE 196 13 734 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zum zeitsynchronen Erfassen von elektrischen Signalen an voneinander entfernt angeordneten Meßstellen.

Um an voneinander entfernt angeordneten Meßstellen elektrische Signale zeitsynchron zu erfassen, könnte man daran denken, an jeder Meßstelle eine mit Funksignalen gesteuerte Uhr einzusetzen und von den Uhrensignalen Taktsignale zum zeitsynchronen Erfassen von elektrischen Signalen abzuleiten. Dadurch wäre zwar sichergestellt, daß an jeder Meßstelle übereinstimmende Zeitpunkte definierbar sind, jedoch sind dadurch nicht unmittelbar zum Abtasten eines elektrischen Signals geeignete Abtastsignale gewonnen, weil die Uhrensignale in der Regel nur jeweils einmal in der Sekunde auftreten. Mit den Uhrensignalen müssen daher an jeder Meßstelle Schwingungsgeneratoren gesteuert werden, die im allgemeinen jeweils etwas unterschiedliches Schwingungsverhalten aufweisen; außerdem ist der Startzeitpunkt an den verschiedenen Meßstellen nicht exakt definierbar, wenn man den  $\mu$ s-Bereich betrachtet. Auf diese Weise ist daher ein völlig zeitsynchrones Erfassen von elektrischen Signalen an entfernt voneinander angeordneten Meßstellen nicht möglich.

Andererseits könnte man auch daran denken, nur an einer Meßstelle mittels Uhrensignalen einer mit Funksignalen gesteuerten Uhr einen Schwingungsgenerator zu steuern und die Ausgangssignale dieses Schwingungsgenerators von dieser einen Meßstelle zu den weiteren Meßstellen zu übertragen. Hierbei würde die benötigte elektrische Verbindung einen erheblichen zusätzlichen Aufwand bedeuten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zum zeitsynchronen Erfassen von elektrischen Signalen an voneinander entfernten Meßstellen anzugeben, mit der sich mit verhältnismäßig geringem Aufwand ein exakt zeitsynchrones Erfassen von elektrischen Signalen ermöglichen läßt.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind bei einer Einrichtung zum zeitsynchronen Erfassen von elektrischen Signalen an voneinander entfernten Meßstellen an jeder Meßstelle in einer mit Funksignalen beaufschlagten Uhr erzeugte Uhrensignale einer Frequenzregelschleife mit einer Prozessor-Anordnung und einem steuerbaren Schwingungsgenerator derart zugeführt, daß letzterer innerhalb eines Zeitintervalls zwischen zwei Uhrensignalen eine vorbestimmte Anzahl von Taktimpulsen abgibt; die Prozessor-Anordnung erfaßt ein zu einem für alle Meßstellen einheitlich vorgegebenen Zeitpunkt von der Uhr abgegebenes Uhrensignal als Anregungssignal und erzeugt ein Aktivierungssignal für einen Ausgangsschaltkreis; mit Hilfe des Aktivierungssignals sind ein Startsignal zum zeitsynchronen Erfassen des jeweiligen elektrischen Signals an einem Ausgang des Ausgangsschaltkreises und an einem weiteren Ausgang des Ausgangsschaltkreises die Taktimpulse zum Abtasten des jeweiligen elektrischen Signals bereitgestellt.

Es ist zwar aus der "Zeitschrift für Geophysik", 1970, Band 36, Seiten 506 bis 518 eine Einrichtung zum zeitsynchronen Erfassen von elektrischen Signalen an voneinander entfernten Meßstellen bekannt, bei der mittels über Funk übertragener Zeitsignale ein für alle Meßstellen einheitlicher Zeitpunkt für den Beginn der Meßsignalerfassung vorgegeben wird und während der Meßsignalerfassung Zeitzeichensignale herangezogen werden, jedoch handelt es sich bei dieser Einrichtung um eine Magnetbandapparatur, mit der an jeder Meß-

stelle die Meßsignale gemeinsam mit den Zeitzeichensignalen und einem Pilottonsignal auf einem Magnetband gespeichert werden; die Aufzeichnung erfolgt dabei frequenzmultiplex. Die Magnetbandgeräte an allen Meßstellen weisen dieselbe Pilottonfrequenz auf, die mittels eines jedem Magnetband zugeordneten Festfrequenz-Oszillators erzeugt ist. Die Pilottonfrequenz ist also nicht aus den Zeitzeichensignalen abgeleitet. An einer zentralen Auswertestelle erfolgt eine Demodulation, wobei mittels der Pilottonfrequenz die Wiedergabegeschwindigkeit angepaßt wird, so daß eine Synchronisation der mit verschiedenen Magnetbandgeräten vorgenommenen Aufzeichnungen erreichbar ist. Allerdings ist die Synchronisation zwischen zwei Zeitzeichensignalen durch unvermeidbare Toleranzen zwischen den Pilottonfrequenzen der verschiedenen Magnetbandgeräte beeinträchtigt.

Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht darin, daß allein durch Einsatz einer Frequenzregelschleife mit einer Prozessor-Anordnung und mit einem steuerbaren Schwingungsgenerator an jeder Meßstelle unter Verwendung jeweils einer mit Funksignalen beaufschlagten Uhr ohne jede elektrische Verbindung zwischen den Meßstellen die dort auftretenden Signale exakt zeitsynchron erfaßt werden können.

Bei der erfindungsgemäßen Einrichtung kann die Frequenzregelschleife unterschiedlich ausgeführt sein. Als vorteilhaft wird es angesehen, wenn der steuerbare Schwingungsgenerator ein steuerbarer Quarzgenerator ist, der einseitig über einen Digital-Analog-Wandler mit einem Ausgang der Prozessor-Anordnung verbunden ist und der ausgangseitig über einen Frequenzteiler an einen Eingang einer der Prozessor-Anordnung vorgeordneten Differenzzerfassungseinrichtung angeschlossen ist, die an einem weiteren Eingang die Uhrensignale aufnimmt; die Prozessor-Anordnung ist mit dem zu einem für alle Meßstellen einheitlich vorgegebenen Zeitpunkt von der Uhr abgegebenen Uhrensignal beaufschlagt. Ein Vorteil dieser Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht darin, daß die Frequenzregelschleife eine kontinuierliche Einstellung der Phasenlage und der Frequenz ermöglicht und dadurch eine exakte Synchronisation mit dem Uhrensignal herstellt. Ein zusätzlicher Vorteil liegt in dem relativ einfachen Schaltungsaufbau.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Einrichtung weist der steuerbare Schwingungsgenerator eine steuerbare Schwingungserzeuger-Anordnung mit einem mit einer festen Frequenz schwingenden Quarzgenerator auf, und der Quarzgenerator ist ausgangseitig einerseits mit dem Zähleringang eines Zählers und andererseits mit einem Eingang einer Selektionsstufe verbunden; ein weiterer Eingang der Selektionsstufe liegt am Ausgang eines Vergleichers, der einseitig einerseits mit dem Ausgang des Zählers und andererseits mit dem Ausgang einer von der Prozessor-Einheit einstellbaren Zählstands-Vorgabeeinrichtung verbunden ist, und die Prozessor-Einheit enthält einen an den Ausgang der Selektionsstufe angeschlossenen Hilfszähler und einen über ein Register an den Hilfszähler angeschlossenen Prozessor, der mit seinem Aktivierungssignal den Ausgangsschaltkreis freigibt und damit die am Ausgang der Selektionsstufe auftretenden Ausgangsimpulse der Schwingungserzeuger-Anordnung als Taktimpulse zum Erfassen des jeweiligen elektrischen Signals bereitstellt.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Ausführungsform be-

steht darin, daß die Frequenzregelschleife ausschließlich digital arbeitet und deshalb mit sehr preiswerten Bauelementen realisiert werden kann.

Als besonders vorteilhaft wird es zur Erzielung exakt zeitsynchronen Erfassens der elektrischen Signale an den verschiedenen Meßstellen angesehen, wenn die mit Funksignalen beaufschlagte Uhr eine satellitengesteuerte Uhr ist. Bei den Signalen kann es sich beispielsweise um GPS-Signale handeln.

Zur Erläuterung der Erfindung ist in Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Einrichtung, in

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines Schaltungsaufbaus an einer Meßstelle der Einrichtung gemäß Fig. 1 und in

Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Schaltungsaufbaus an einer Meßstelle dargestellt.

Wie Fig. 1 zeigt, kann die erfindungsgemäße Einrichtung mit beispielsweise relativ weit voneinander entfernt angeordneten Meßstellen 1 und 2 durchgeführt werden. An jeder Meßstelle 1 bzw. 2 ist eine Anordnung 3 bzw. 4 zum Erzeugen zeitsynchroner Signale vorgesehen. Jede Anordnung 3 bzw. 4 enthält unter anderem eine mit Funksignalen gesteuerte Uhr 5 bzw. 6, die beispielsweise über GPS-Signale oder DCF 77-Signale gesteuert sein kann. Jede Uhr 5 bzw. 6 ist mit einer in Fig. 1 insofern nur schematisch dargestellten Frequenzregelschleife 7 bzw. 8 verbunden, indem nur jeweils eine Prozessor-Anordnung 9 bzw. 10 und ein steuerbarer Schwingungsgenerator 11 bzw. 12 der jeweiligen Frequenzregelschleife gezeigt sind. Mit jeder Frequenzregelschleife 7 bzw. 8 ist ein Ausgangsschaltkreis 13 bzw. 14 verbunden, der an einem Ausgang 15 bzw. 16 ein Startsignal S und an einem weiteren Ausgang 17 bzw. 18 ein Taktsignal T für eine nachgeordnete Abtast-Malte-Schaltung 19 bzw. 20 abgibt. Der Abtast-Halte-Schaltung 19 bzw. 20 ist jeweils ein schematisch dargestellter elektronischer Schalter 21 bzw. 22 vorgeordnet, der vom Startsignal S am Ausgang 15 bzw. 16 geschlossen wird. Durch Schließen des Schalters 21 bzw. 22 wird jeweils eine Meßgröße M1 bzw. M2 an die jeweilige Abtast-Malte-Schaltung 19 bzw. 20 angelegt. Den Abtast-Malte-Schaltungen ist jeweils eine Meßwertfassungseinrichtung 23 bzw. 24 nachgeordnet.

Zur Wirkungsweise der Einrichtung nach Fig. 1 ist zunächst darauf hinzuweisen, daß von der Uhr 5 bzw. 6 über eine Verbindung 24 bzw. 25 in einem Ein-Sekunden-Takt Impulse an die jeweilige Prozessor-Anordnung 9 bzw. 10 abgegeben werden. Ebenso werden der jeweiligen Prozessor-Anordnung von dem steuerbaren Schwingungsgenerator nach Frequenzteilung Impulse zugeführt. Von der jeweiligen Prozessor-Anordnung 9 bzw. 10 wird der jeweilige Schwingungsgenerator 11 bzw. 12 so gesteuert, daß sich nach Frequenzteilung zu den Ein-Sekunden-Takt-Impulsen der Uhr 5 bzw. 6 keine Differenzen ergeben. Damit werden am Ausgang 27 bzw. 28 der Schwingungsgeneratoren 11 und 12 bzw. an den Ausgängen 17 und 18 der Ausgangsschaltkreise 13 und 14 Taktpulse T erzeugt, die an beiden Meßstellen 1 und 2 sehr genau miteinander übereinstimmen.

Wird von der jeweiligen Uhr 5 bzw. 6 zu einem fest vorgegebenen Zeitpunkt über eine Verbindung 29 bzw. 30 ein Signal, beispielsweise ein Zwölf-Uhr-Signal an die Prozessor-Anordnung 9 bzw. 10 abgegeben, dann wird daraufhin von jeder Prozessor-Anordnung 9 bzw. 10 ein Aktivierungssignal über eine Verbindung 31 bzw. 32 an den Ausgangsschaltkreis 13 bzw. 14 gegeben, woraufhin jeweils der Schalter 21 bzw. 22 geschlossen und die Abtast-Halte-Schaltung 19 bzw. 20 mit den jeweiligen

Taktpulsen vom Ausgang 17 bzw. 18 des jeweiligen Ausgangsschaltkreises 13 bzw. 14 beaufschlagt wird. Es werden somit beide Meßgrößen M1 und M2 vollkommen zeitsynchron erfaßt.

In Fig. 2 ist ein detailliertes Ausführungsbeispiel der Anordnung 3 bzw. 4 gemäß Fig. 1 wiedergegeben; mit Elementen nach Fig. 1 übereinstimmende Teile sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Der Prozessor-Anordnung 9 ist in der Frequenzregelschleife 7 ein Digital-Analog-Wandler 40 nachgeordnet, der an seinem Ausgang eine Steuerspannung Ust an einen nachgeschalteten steuerbaren Schwingungsgenerator 41 abgibt; bei diesem Schwingungsgenerator kann es sich um einen steuerbaren Quarzgenerator handeln.

Ausgangsseitig ist der steuerbare Schwingungsgenerator 41 einerseits an einen Frequenzteiler 42 angeschlossen, dem eine Differenzerfassungseinrichtung 43 nachgeordnet ist; dieser Differenzerfassungseinrichtung 43 werden auch die Ein-Sekunden-Takt-Impulse der Uhr 5 zugeführt. Ausgangsseitig ist die Differenzerfassungseinrichtung 43 mit der Prozessor-Anordnung 9 verbunden, wodurch die Frequenzregelschleife 7 vervollständigt ist. Andererseits ist der steuerbare Schwingungsgenerator 41 ausgangsseitig auch mit einem Eingang 44 des Ausgangsschaltkreises 13 verbunden.

Der Eingang 44 des Ausgangsschaltkreises 13 ist an einen Eingang eines UND-Gliedes 45 geführt, das mit einem weiteren Eingang mit dem Ausgang eines weiteren Logik-Gliedes 46 des Ausgangsschaltkreises verbunden ist. Dieses Logik-Glied, bei dem es sich um ein resetbares Flip-Flop handeln kann, ist mit den Ein-Sekunden-Takt-Impulsen der Uhr 5 beaufschlagt und wird normalerweise durch die Prozessor-Anordnung 9 über die Verbindung 31 ständig zurückgesetzt. Hat die Prozessor-Anordnung 9 dagegen ein Anregesignal der Uhr 5, z. B. ein Zwölf-Uhr-Signal, über die Verbindung 29 erhalten, dann unterbleibt ein Zurücksetzen des Logik-Gliedes 46, und es wird am Ausgang 15 das Startsignal S erzeugt. Damit treten auch am Ausgang 17 die Taktpulse T auf, weil der Ausgang des steuerbaren Schwingungsgenerators 41 dadurch auf den Ausgang 17 durchgeschaltet ist.

In Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsform der Anordnung 3 bzw. 4 nach Fig. 1 dargestellt; auch hier sind Elemente, die denen nach Fig. 1 entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Eine Prozessor-Anordnung 9 besteht hier aus einem Prozessor 50, dem über ein Register 51 ein Hilfszähler 52 vorgeordnet ist. In den Hilfszähler 52 werden Ausgangsimpulse eines steuerbaren Schwingungsgenerators 53 eingezählt, die über eine Verbindung 54 auch einem nicht dargestellten Ausgangsschaltkreis entsprechend dem Ausgangsschaltkreis 13 gemäß Fig. 2 zugeführt werden.

Der steuerbare Schwingungsgenerator 53 enthält einen Quarzgenerator 55 fester Frequenz, der ausgangsseitig mit einem Zähler 56 verbunden ist. Der Zählerstand dieses Zählers 56 wird in einem Vergleicher 57 ständig mit dem Stand einer Zählstands-Vorgabeeinrichtung 58 verglichen, die über eine Verbindung 59 von dem Prozessor 50 einstellbar ist.

Diese Einstellung seitens des Prozessors 50 erfolgt in Abhängigkeit davon, welcher Zählerstand nach jeweils einer Sekunde aus dem Hilfszähler 52 in das Register 51 übernommen worden ist; das Register 51 wird nämlich mit den Ein-Sekunden-Takt-Signalen der Uhr 5 beaufschlagt und zeigt somit nach Ablauf einer jeden Sekunde an, welchen Zählerstand der Hilfszähler 52 jeweils erreicht hat. Weist der Quarzgenerator 55 beispielsweise

se eine Eigenfrequenz von 32,0032 MHz auf und sollen die Taktimpulse am Ausgang des Ausgangsschaltkreises eine Frequenz von genau 32 MHz haben, dann erfaßt der Prozessor 50 einen zu hohen Zählerstand des Hilfszählers 52 und stellt die Zählstands-Vorgabeeinrichtung 58 auf  $10^4$  ein. Nach jeweils  $10^4$  Schwingungen des Quarzgenerators 55 spricht dann der Vergleicher 57 — gesteuert durch den Zähler 56 — an und betätigt eine Selektionsstufe 60, die dadurch einen Impuls des Quarzgenerators 55 ausblendet. Dadurch sind auf der Verbindung 54 zum Ausgangsschaltkreis  $32 \cdot 10^6$  Taktimpulse pro Sekunde erzeugt.

Sollte die Frequenz am Ausgang des steuerbaren Schwingungsgenerators 53 absinken, dann wird dies vom Prozessor 50 mit der Abgabe eines entsprechenden Einstellsignals an die Zählstands-Vorgabeeinrichtung 58 beantwortet, indem dann beispielsweise ein Wert von  $10^5$  in dieser Vorrichtung eingestellt wird.

Im übrigen arbeitet die Anordnung gemäß Fig. 3 in der gleichen Weise wie die in Fig. 2 dargestellte Anordnung, so daß auch hier zu einem vorgegebenen Zeitpunkt der Prozessor 50 über die Verbindung 30 mit einem Anregesignal beaufschlagt wird und daraufhin das Zurücksetzen des weiteren Logik-Gliedes 46 nach Fig. 2 über die Verbindung 31 einstellt. Damit werden Startsignal S und Taktimpulse T an den Ausgängen 15 und 17 des Ausgangsschaltkreises 13 gebildet.

#### Patentansprüche

1. Einrichtung zum zeitsynchronen Erfassen von elektrischen Signalen (M1, M2) an voneinander entfernten Meßstellen (1, 2), bei der an jeder Meßstelle (1, 2) in einer mit Funksignalen beaufschlagten Uhr (5; 6) erzeugte Uhrensignale einer Frequenzregelschleife (7; 8) mit einer Prozessor-Anordnung (9; 10) und einem steuerbaren Schwingungsgenerator (11; 12) derart zugeführt sind, daß letzterer innerhalb eines Zeitintervalls zwischen zwei Uhrensignalen eine vorbestimmte Anzahl von Taktimpulsen abgibt, die Prozessor-Anordnung (9; 10) ein zu einem für alle Meßstellen (1; 2) einheitlich vorgegebenen Zeitpunkt von der Uhr (5; 6) abgegebenes Uhrensignal als Anregungssignal erfaßt und ein Aktivierungssignal für einen Ausgangsschaltkreis (13; 14) erzeugt und bei der mit Hilfe des Aktivierungssignals ein Startsignal (S) zum zeitsynchronen Erfassen des jeweiligen elektrischen Signals (M1; M2) an einem Ausgang (15; 16) des Ausgangsschaltkreises (13; 14) und an einem weiteren Ausgang (17; 18) des Ausgangsschaltkreises (13; 14) die Taktimpulse (T) zum Abtasten des jeweiligen elektrischen Signals (M1; M2) bereitgestellt sind.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

der steuerbare Schwingungsgenerator ein steuerbarer Quarzgenerator (41) ist, der eingangsseitig über einen Digital-Analog-Wandler (40) mit einem Ausgang der Prozessor-Anordnung (9) verbunden ist und ausgangsseitig über einen Frequenzteiler (42) an einen Eingang einer der Prozessor-Anordnung (9) vorgeordneten Differenzfassungseinrichtung (43) angeschlossen ist, die an einem weiteren Eingang die Uhrensignale aufnimmt, und daß

die Prozessor-Anordnung (9) mit dem zu einem für

alle Meßstellen (M1; M2) einheitlich vorgegebenen Zeitpunkt von der Uhr (5) abgegebenen Uhrensignal beaufschlagt ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

der steuerbare Schwingungsgenerator (53) eine steuerbare Schwingungserzeuger-Anordnung mit einem mit einer festen Frequenz schwingenden Quarzgenerator (55) aufweist,

der Quarzgenerator (55) ausgangsseitig einerseits mit dem Zähleringang eines Zählers (56) und andererseits mit einem Eingang einer Selektionsstufe (60) verbunden ist,

ein weiterer Eingang der Selektionsstufe am Ausgang eines Vergleichers (57) liegt, der eingangsseitig einerseits mit dem Ausgang des Zählers (56) und andererseits mit dem Ausgang einer von der Prozessor-Anordnung (9) einstellbaren Zählstands-Vorgabeeinrichtung (58) verbunden ist, und daß

die Prozessor-Anordnung (9) einen an den Ausgang der Selektionsstufe (60) angeschlossenen Hilfszähler (52) und einen über ein Register (51) an den Hilfszähler (52) angeschlossenen Prozessor (50) enthält, der mit seinem Aktivierungssignal den Ausgangsschaltkreis (13; 14) freigibt und damit die am Ausgang der Selektionsstufe (60) auftretenden Ausgangsimpulse des Schwingungserzeugers (53) als Taktimpulse (T) zum Erfassen des jeweiligen elektrischen Signals (M1; M2) bereitstellt.

4. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mit Funksignalen beaufschlagte Uhr (5; 6) satellitengesteuert ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

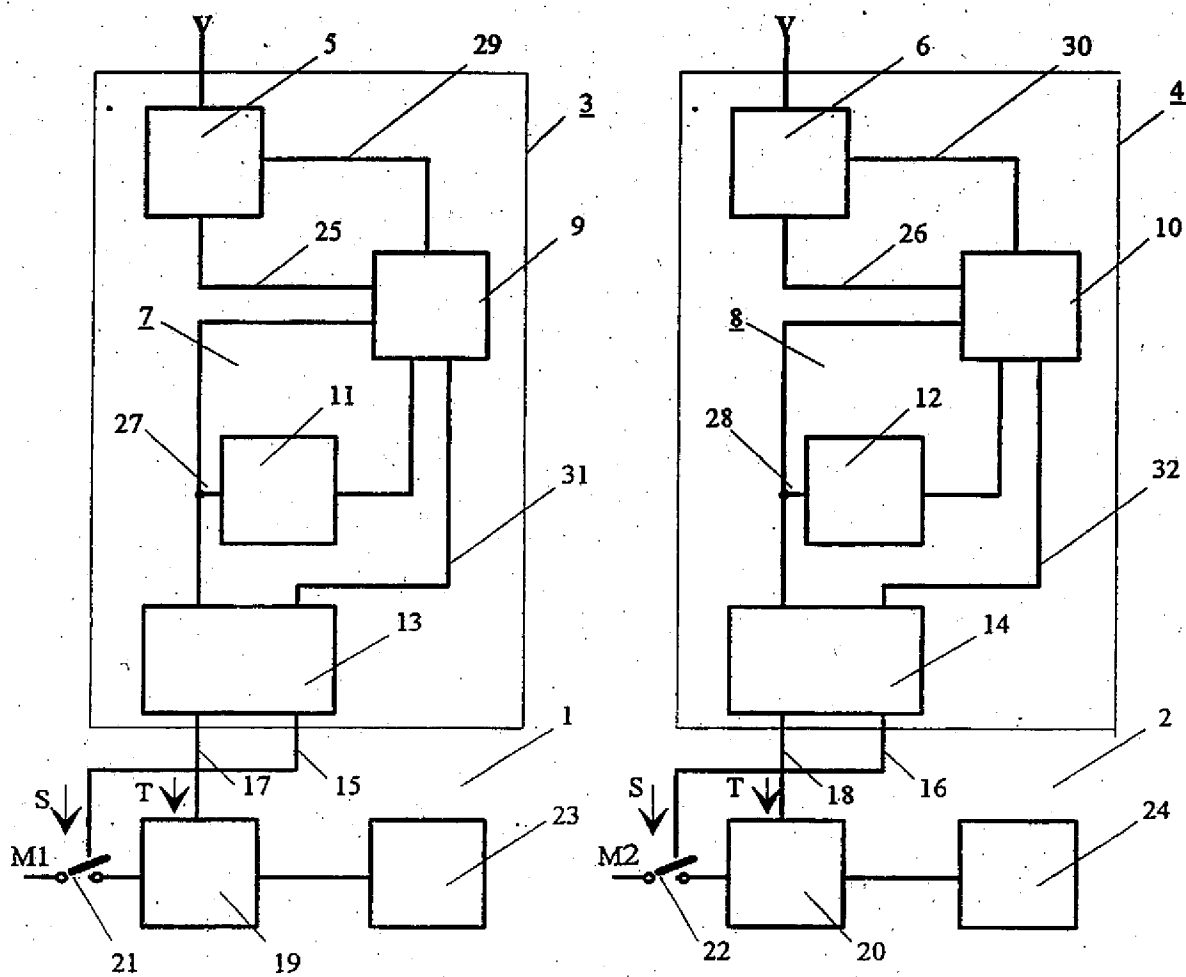


Fig. 1

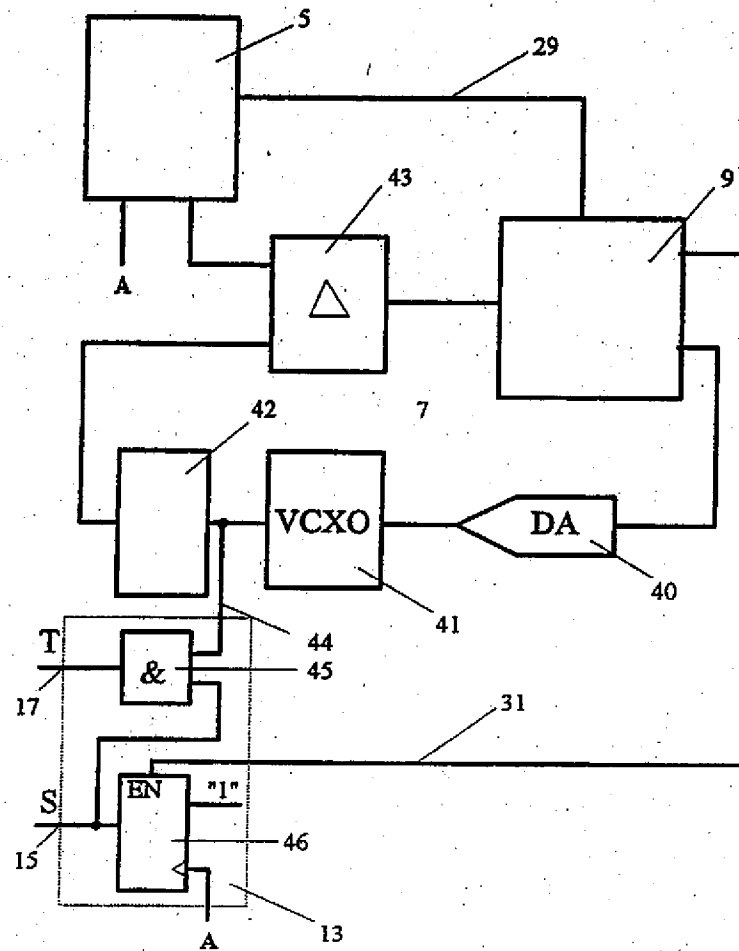


Fig. 2

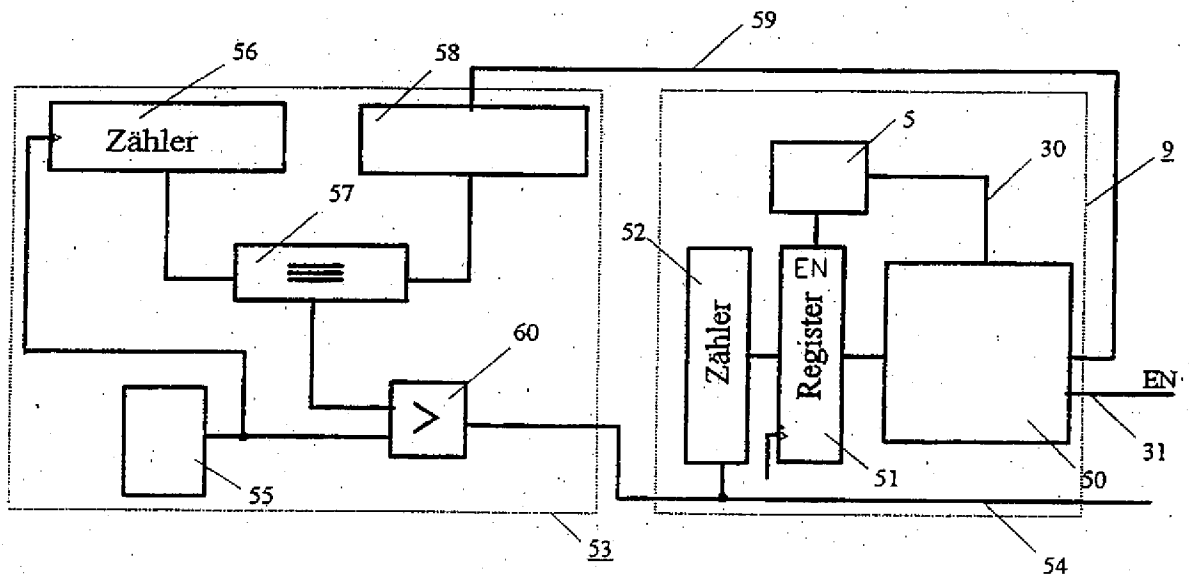


Fig. 3